

Procédé d'étalonnage d'une machine de perçage
de verres ophtalmiques, dispositif pour la mise en oeuvre
d'un tel procédé, et appareil d'usinage de verres
ophtalmiques équipé d'un tel dispositif

5

La présente invention concerne un procédé d'étalonnage d'une machine de perçage de verres ophtalmiques, ladite machine comprenant :

- un outil de perçage ;
- 10 - un support de verre ophtalmique associé à un premier repère ; et
- des moyens programmables de pilotage de l'outil, associés à un deuxième repère dans lequel sont exprimées des coordonnées de consigne définissant un point cible de
- 15 perçage,

procédé dans lequel on réalise les étapes successives suivantes :

- on place sur le support un gabarit sur lequel on a préalablement porté des marquages définissant un troisième
- 20 repère lié audit gabarit, de façon à faire coïncider sensiblement le troisième repère avec le premier ; et
- on perce le gabarit en au moins un point prédéterminé correspondant à un point-cible défini par des coordonnées de consigne prédéterminées, de façon à obtenir
- 25 un point de perçage réel.

Sur la Figure 1, on a représenté schématiquement une machine 1 de perçage de verres ophtalmiques, de type connu, qui comprend essentiellement un support 2 sur lequel peut être monté et fixé un verre à meuler, un outil de perçage 3

30 déplaçable de façon contrôlée par rapport au support 2, et des moyens de pilotage 11 de l'outil 3.

Le support 2 est représenté schématiquement par un réceptacle permettant de fixer des verres ophtalmiques de différentes formes par rapport au bâti, dans un repère fixe

de référence O_1 , X_1 , Y_1 associé au support 2. Le support 2 est prévu pour maintenir le verre ophtalmique dans un plan de support, qui sera supposé horizontal. Ainsi, les axes de référence X_1 , Y_1 seront supposés horizontaux.

5 Le support 2 représenté est un réceptacle de forme intérieure complémentaire de celle d'un adaptateur, du type utilisé de façon classique pour fixer le verre sur l'arbre mobile d'une meuleuse. Un tel adaptateur est fixé, par exemple par collage, sur l'une des faces du verre. Le
10 réceptacle 2, qui est destiné à recevoir par emboîtement un adaptateur de ce type, comporte une forme d'indexage 2A complémentaire d'une forme d'indexage de l'adaptateur, qui permet d'orienter le verre sur le support 2, et ainsi par rapport au bâti de la machine 1. Les moyens d'indexage 2A
15 définissent donc l'orientation du support 2 et du bâti de la machine, c'est-à-dire le repère O_1 , X_1 , Y_1 .

L'outil de perçage 3 est défini comme étant un outil qui réalise un enlèvement de matière autour d'un axe, supposé ici vertical (orthogonal aux axes X_1 , Y_1), dans
20 l'épaisseur du verre, sur une région du verre quasi-punctuelle ou représentant une surface très inférieure à la surface du verre. Le terme de « perçage » pourra s'entendre d'une opération classique de perçage au moyen d'une mèche, aboutissant à la formation d'un orifice de section
25 sensiblement circulaire, mais également d'une opération de « crantage » aboutissant à la formation d'une encoche en bordure du verre, ou de tout autre type d'alésage de forme plus complexe.

Les moyens 11 de pilotage de l'outil 3 sont prévus
30 pour déplacer l'outil 3 en fonction d'une tâche d'usinage à accomplir sur un verre placé dans la machine. A cet effet, ces moyens de pilotage 11 comprennent des moyens d'entraînement 13 adaptés pour déplacer l'outil 3, et des moyens 15 de commande des moyens d'entraînement 13, adaptés

pour délivrer aux moyens d'entraînement 13 un signal de consigne C, correspondant à la tâche d'usinage à accomplir. Les moyens de commande 15 sont des moyens programmables : ils sont prévus pour mémoriser un certain nombre de lois de commande paramétrées par la forme et la position du perçage à réaliser. Ainsi, la séquence de déplacements et d'opérations exécutée par l'outil 3, définie par le signal de consigne C, est fonction des valeurs de paramètres de forme et de position fournies en entrée aux moyens de commande 15. Ces paramètres sont désignés, sur la Figure 1, par la référence F (paramètres de forme) et par les références X, Y (paramètres de position). Les paramètres de position X, Y sont exprimés dans le deuxième repère associé aux moyens de pilotage 11, ce repère virtuel coïncidant théoriquement avec le premier repère de référence O_1 , X_1 , Y_1 lié au support 2.

Sur la Figure 2, on a représenté un verre ophtalmique 21 de forme générale rectangulaire, présentant sur une de ses faces, des marquages de centre O_3 et d'axes X_3 , Y_3 .

Le centre O_3 représente le centre optique du verre 21, et l'axe X_3 représente son axe optique. Le marquage de l'axe Y_3 , perpendiculaire à l'axe X_3 dans le plan général du verre 21, a essentiellement pour objet de définir le centre optique O_3 , à son intersection avec l'axe X_3 .

Dans le cas d'une pose centrée d'un adaptateur sur une ébauche de verre ophtalmique aux fins de meulage, le centre de l'adaptateur coïncide avec le centre optique O_3 de l'ébauche.

C'est ainsi qu'après l'opération de meulage ayant conduit à l'obtention du verre 21 sous sa forme finie, lorsque l'on place le verre 21 muni de son adaptateur de meulage sur le support 2 aux fins de perçage dans la machine 1, le centre du support O_1 coïncide théoriquement avec le

centre optique O_3 localisé par les marquages d'axe X_3 , Y_3 sur le verre 21.

Si l'on désire ensuite percer un trou dans le verre 21 au moyen de la machine de perçage 1, les paramètres de position X , Y et de forme F doivent être fournis aux moyens de commande 15, comme indiqué précédemment. Par exemple, pour réaliser un perçage circulaire quasi-ponctuel, les paramètres de position X , Y sont constitués des coordonnées du centre M du perçage. Les coordonnées X , Y , qui sont exprimées dans le deuxième repère associé aux moyens de pilotage 11, représentent théoriquement les coordonnées du centre de perçage M dans le repère lié au verre, c'est-à-dire le troisième repère O_3 , X_3 , Y_3 .

Or, lorsque l'on réalise effectivement le perçage, on constate que le centre de perçage réel (ou point de perçage réel) M_r est décalé par rapport au centre de perçage théorique (ou point-cible de perçage) M , tel que défini par les coordonnées X , Y dans le troisième repère O_3 , X_3 , Y_3 .

Cette situation est illustrée sur la Figure 3, où l'on a représenté en traits pleins le contour du verre 21, ses marquages définissant le repère O_3 , X_3 , Y_3 , et en traits mixtes la forme d'indexage 2A et le repère associé O_1 , X_1 , Y_1 , tel que positionnés vis-à-vis du verre 21 lorsque ce dernier est placé dans la machine de perçage 1 sur le support 2. Sont également représentés sur le verre 21 le centre de perçage réel M_r en traits pleins, et le centre de perçage théorique M en traits mixtes.

Ce décalage s'exprime, dans l'un des trois repères pré-définis, qui est supposé être l'un quelconque de ces repères, pour des raisons précisées plus loin, par les coordonnées dX , dY .

De façon générale, le décalage des points de perçage réels vis-à-vis des points de perçage théoriques s'explique

par le fait que les trois repères précédemment définis ne coïncident pas exactement :

- d'une part, le deuxième repère, associé aux moyens de pilotage 11 et pris pour référence, par exemple, de la position neutre de l'outil 3, n'est pas exactement calé sur le premier repère O_1, X_1, Y_1 lié au support 2. Ceci est dû aux tolérances de fabrication et à l'usure des pièces mécaniques intervenant dans le réglage de la position neutre de l'outil, à celles des pièces mécaniques des moyens d'entraînement 13, et à l'imprécision inhérente aux organes de contrôle intervenant dans l'asservissement de la position de l'outil 3, par exemple ; et

- d'autre part, le troisième repère O_3, X_3, Y_3 lié au verre 21 ne coïncide pas exactement avec le premier repère O_1, X_1, Y_1 lié au support 2. Ceci est dû notamment à l'imprécision, même si elle est extrêmement faible, de la pose de l'adaptateur sur le verre, et de l'imprécision du calage de l'adaptateur sur ledit support 2, du fait par exemple des tolérances de fabrication de ces pièces et de la déformation possible de l'adaptateur au cours de l'opération préalable de meulage.

On notera que les décalages généralement constatés sur les machines de perçage, entre les points théoriques et les points réels de perçage, conduisent à estimer que les différents repères de référence n'ont pas de décalage angulaire significatif entre eux. C'est la raison pour laquelle on considère, dans l'exposé de la présente invention, que ces repères sont uniquement décalés en translation, et que leurs axes des abscisses d'une part, et leurs axes des ordonnées d'autre part, sont parallèles. C'est ce qui a été illustré sur la Figure 3, entre les premiers O_1, X_1, Y_1 et troisième O_3, X_3, Y_3 repères.

Pour les machines de perçage courantes, il est donc nécessaire, préalablement à la première utilisation de la

machine, d'estimer le décalage entre les points de perçage réels et les points de perçage théoriques, et d'étalonner la machine de façon à introduire, dans les moyens de commande 15, une correction des lois de commande. Ces opérations d'étalonnage peuvent ensuite être renouvelées périodiquement sur la durée de vie de la machine.

La correction introduite se traduit par exemple par un changement de variables : les paramètres de position pris en compte pour l'élaboration de la consigne C étant $X + dX$, 10 $Y + dY$, en lieu et place des paramètres d'entrée X, Y .

Dans l'état de la technique, de tels procédés d'étalonnage sont réalisés à partir d'une mesure « manuelle » du décalage produit par la machine non étalonnée. En effet, suivant la technique connue, un 15 opérateur perce au moyen de la machine non étalonnée, successivement plusieurs trous circulaires quasi-punctuels sur un gabarit, tel qu'un verre ophtalmique, et mesure la position de ces perçages sur le gabarit, au moyen d'un pied à coulisse. L'opérateur en déduit ensuite, pour chacun des 20 perçages, le décalage vis-à-vis des points de perçage théoriques, et introduit une correction correspondante dans les moyens programmables de pilotage de la machine. Cette correction peut par exemple prendre en compte une moyenne des décalages constatés sur l'ensemble des points de mesure.

25 Cette technique présente principalement deux inconvénients, à savoir la faible précision de la mesure de décalage (de l'ordre du $10^{\text{ème}}$ de mm), et la durée importante de l'opération.

L'invention a pour objet de proposer un procédé 30 d'étalonnage du type précédemment décrit, permettant d'obtenir une précision nettement accrue, et représentant un temps d'opération réduit ainsi que des manipulations nettement plus simples. Ce but est atteint par un procédé

d'étalonnage selon l'invention, dans lequel on réalise successivement les étapes suivantes :

- on réalise une image du gabarit préalablement percé ;

5 - on analyse ladite image par des moyens d'analyse d'images, de façon à mesurer le décalage entre la position du point de perçage réel et la position du point-cible; et

- on programme les moyens de pilotage, de façon à introduire une correction des coordonnées de consigne, apte

10 à compenser ledit décalage.

Suivant d'autres caractéristiques de ce procédé :

- les marquages définissant le troisième repère comprennent des marquages qui définissent un centre et des marquages qui définissent deux axes orthogonaux ; et

15 - lors de l'étape de perçage, on perce le gabarit en deux points prédéterminés, correspondant chacun à un point-cible défini par des coordonnées de consigne prédéterminées, de façon à obtenir deux points de perçage réels, et la correction est basée sur une valeur moyenne de
20 décalage de position des deux points de perçage réels par rapport aux deux points-cibles respectifs.

L'invention vise également un dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé d'étalonnage tel que décrit précédemment, ce dispositif comprenant :

25 - un dispositif de prise d'images ;

- des moyens d'analyse d'images reliés audit dispositif de prise d'images, adaptés pour détecter la position de l'image d'un point de perçage réel d'un gabarit,
dans un repère défini par l'image de marquages figurant sur
30 ledit gabarit, et pour calculer un décalage de position de
ladite image par rapport à un point-cible prédéterminé
défini par des coordonnées pré-enregistrées ; et

- des moyens de programmation reliés d'une part aux moyens d'analyse d'images, et d'autre part aux moyens de

pilotage d'une machine de perçage de verres ophtalmiques, lesdits moyens de programmation étant adaptés pour recevoir une information de décalage de la part des moyens d'analyse d'images, et pour programmer en réponse les moyens de pilotage de la machine, de façon à introduire une correction des coordonnées de consigne en fonction de ladite information de décalage.

Suivant d'autres caractéristiques du dispositif selon l'invention :

10 - le dispositif comprend en outre un écran, et des moyens d'éclairage d'un objet ophtalmique permettant de projeter une ombre du gabarit sur l'écran, ledit écran étant placé dans le champ d'observation dudit dispositif de prise d'images ;

15 - le dispositif comprend un support transparent pour recevoir le gabarit, disposé entre les moyens d'éclairage et l'écran ;

- le dispositif comprend un collimateur disposé entre les moyens d'éclairage et le support transparent pour rendre les rayons lumineux issus des moyens d'éclairage sensiblement parallèles entre eux et normaux par rapport au support ;

20 - l'écran est un dépoli ; et
- le dispositif de prise d'images est une caméra vidéo.

L'invention vise enfin un appareil d'usinage de verres ophtalmiques comprenant :

30 - une machine de perçage qui comporte un outil de perçage, un support de verre ophtalmique associé à un premier repère, et des moyens programmables de pilotage de l'outil, associés à un deuxième repère dans lequel sont exprimées des coordonnées de consigne définissant un point-cible de perçage, et

- un dispositif tel que décrit précédemment, associé à ladite machine de perçage.

Un mode particulier de réalisation de l'invention va maintenant être décrit plus en détail en référence aux
5 Figures 4 et 5 des dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 4 est une vue schématique d'un dispositif conforme à l'invention ; et

- la Figure 5 est une vue partielle de l'image d'un gabarit, tel qu'il peut être observé par le dispositif de
10 prise d'images du dispositif selon l'invention.

Selon le procédé d'étalonnage conforme à l'invention, on perce un gabarit au moyen de la machine 1 non étalonnée, représentée sur la Figure 1, comme cela a été expliqué précédemment. Ce gabarit est, dans l'exemple
15 représenté, constitué d'un verre ophtalmique 21, tel que décrit en référence à la Figure 2, mais pourrait être un autre objet ophtalmique, tel qu'un gabarit en matière plastique ou autre, muni de marquages de centre et d'axes.

Le gabarit 21 est débarrassé de son adaptateur, puis
20 nettoyé afin d'ôter de la surface du gabarit toute trace éventuelle de colle provenant de l'adaptateur, et de laisser apparents, à la surface du gabarit, les marquages associés au repère O_3 , X_3 , Y_3 .

Les coordonnées dX , dY du décalage entre les points
25 de perçage réel M_r et théorique M sont ensuite estimées par le dispositif 51 représenté sur la Figure 4.

Ce dispositif 51 comprend un support plan transparent 53 sur lequel peut être placé le gabarit 21 percé, préalablement séparé de son adaptateur.

30 Il comprend en outre une source de lumière 55, un collimateur 57, et un verre-dépoli 59, disposés de façon que les rayons lumineux issus de la source 55 traversent le collimateur 57 pour être rendus parallèles et éclairer orthogonalement le gabarit 21 placé sur le support 53. Cette

disposition permet de réaliser une projection du gabarit 21 percé, et de ses marquages O_3 , X_3 , Y_3 , sur le verre dépoli 59.

Le dispositif comprend de plus un dispositif de prise d'images sous la forme d'une caméra vidéo 61, des moyens d'analyse d'images 63 reliés à la caméra 61, et éventuellement un écran de visualisation 65 relié aux moyens d'analyse d'images 63. L'écran 65 pourrait être également relié directement à la caméra 61.

Le verre dépoli 59, formant écran de projection de l'ombre de l'objet placé sur le support 53, est placé dans le champ de la caméra 61, de sorte que la caméra 61 observe cette ombre projetée et transmette son image aux moyens d'analyse d'images 63.

Le dispositif comprend en outre des moyens de programmation 64 reliés d'une part aux moyens d'analyse d'images 63, et d'autre part aux moyens de commande 15 des moyens de pilotage 11 de la machine 1.

Sur la Figure 5, on a représenté l'image 21I du gabarit 21 ainsi observé par la caméra 61, telle qu'elle est visible sur l'écran 65.

Sur cette image 21I apparaissent distinctement l'ombre du perçage IM_r , l'ombre des marquages de centre IO_3 et d'axes IX_3 , IY_3 .

Les moyens d'analyse d'images 63 sont adaptés pour :

- détecter l'image IM_r du perçage réalisé sur le gabarit 21, et l'image des marquages IO_3 , IX_3 , IY_3 ,

- calculer la position du point de perçage IM_r dans ce repère-image IO_3 , IX_3 , IY_3 ; et

- calculer dans ce repère, les coordonnées du décalage dX , dY entre le point M_r et le point M, qui sont supposées égales à la différence des coordonnées du point IM_r dans le repère IO_3 , IX_3 , IY_3 d'une part, et de celles du point M dans le deuxième repère.

La valeur ainsi estimée du décalage dx , dy est transmise aux moyens de programmation 64.

Eventuellement, la mesure du décalage peut être effectuée sur deux points de perçage distincts ou plus, et non sur un seul comme décrit précédemment. La correction des lois de commande peut alors être basée sur une moyenne des décalages ainsi estimés.

C'est ainsi que le dispositif 51 permet de réaliser une estimation précise du décalage d'un point de perçage réel par rapport à un point-cible, et grâce à ses moyens de programmation 64, de programmer automatiquement les moyens de pilotage 15 de la machine de perçage de verres ophtalmiques, de façon à introduire une correction des lois de commande, dépendantes des coordonnées de décalage dx , dy estimées. La précision atteinte par un tel dispositif et un tel procédé d'étalonnage est de l'ordre du centième de mm.

On notera que la machine de perçage 1 et le dispositif associé, qui viennent d'être décrits, peuvent être intégrés dans un appareil d'usinage de verres ophtalmiques comprenant en outre une meuleuse. Ainsi, il est possible, au moyen d'un appareil unique, de réaliser le meulage d'un verre ophtalmique à partir d'une ébauche de lentille, et le perçage du verre ainsi obtenu en utilisant l'adaptateur de meulage fixé sur le verre, pour immobiliser le verre sur le support de perçage.

Le dispositif précédemment décrit peut servir à l'étalonnage non seulement de la machine de perçage, mais également de la meuleuse.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'étalonnage d'une machine (1) de perçage de verres ophtalmiques, ladite machine comprenant :

- un outil de perçage (3);
- 5 - un support (2) de verre ophtalmique associé à un premier repère (O_1 , X_1 , Y_1) ; et
- des moyens programmables (11) de pilotage de l'outil (3), associés à un deuxième repère dans lequel sont exprimées des coordonnées de consigne (X , Y) définissant un
- 10 point-cible (M) de perçage,

procédé dans lequel on réalise les étapes successives suivantes :

- on place sur le support (2) un gabarit (21) sur lequel on a préalablement porté des marquages définissant un
- 15 troisième repère (O_3 , X_3 , Y_3) lié audit gabarit, de façon à faire coïncider sensiblement le troisième repère avec le premier ; et

- on perce le gabarit (21) en au moins un point prédéterminé correspondant à un point-cible (M) défini par
- 20 des coordonnées de consigne (X , Y) prédéterminées, de façon à obtenir un point de perçage réel (M_r),

ce procédé étant caractérisé en ce qu'on réalise ensuite successivement les étapes suivantes :

- on réalise une image (21I) du gabarit ainsi
- 25 percé ;
- on analyse ladite image (21I) par des moyens d'analyse d'images, de façon à mesurer le décalage (dX , dY) entre la position du point de perçage réel (M_r) et la position du point-cible (M) ; et
- 30 - on programme les moyens de pilotage (11), de façon à introduire une correction des coordonnées de consigne (X , Y), apte à compenser ledit décalage (dX , dY).

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les marquages définissant le troisième repère (O_3 ,

X_3, Y_3) comprennent des marquages qui définissent un centre (O_3) et des marquages qui définissent deux axes orthogonaux (X_3, Y_3).

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que lors de l'étape de perçage, on perce le gabarit (21) en deux points prédéterminés, correspondant chacun à un point-cible (M) défini par des coordonnées de consigne (X, Y) prédéterminées, de façon à obtenir deux points de perçage réels (M_r), et la correction est basée sur une valeur moyenne de décalage de position (dX, dY) des deux points de perçage réels (M_r) par rapport aux deux points-cibles (M) respectifs.

4. Dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant :

- un dispositif de prise d'images (61) ;
- des moyens d'analyse d'images (63) reliés audit dispositif de prise d'images (61), adaptés pour détecter la position de l'image (IM_r) d'un point de perçage réel (M_r) d'un gabarit (21), dans un repère (IO_3, IX_3, IY_3) défini par l'image de marquages (O_3, X_3, Y_3) figurant sur ledit gabarit (21), et pour calculer un décalage de position de ladite image (IM_r) par rapport à un point-cible (M) prédéterminé défini par des coordonnées (X, Y) pré-enregistrées ; et
- des moyens de programmation (64) reliés d'une part aux moyens d'analyse d'images (63), et d'autre part aux moyens de pilotage (11) d'une machine de perçage (1) de verres ophtalmiques, lesdits moyens de programmation (64) étant adaptés pour recevoir une information de décalage (dX, dY) de la part des moyens d'analyse d'images (63), et pour programmer en réponse les moyens de pilotage (11) de la machine, de façon à introduire une correction des coordonnées de consigne (X, Y) en fonction de ladite information de décalage (dX, dY).

5. Dispositif suivant la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un écran (59), et des moyens (55) d'éclairage d'un objet ophtalmique permettant de projeter une ombre du gabarit (21) sur l'écran (59), ledit écran (59) étant placé dans le champ d'observation dudit dispositif de prise d'images (61).

6. Dispositif suivant la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend un support transparent (53) pour recevoir le gabarit (21), disposé entre les moyens d'éclairage (55) et l'écran (59).

7. Dispositif suivant la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend un collimateur (57) disposé entre les moyens d'éclairage (55) et le support transparent (53) pour rendre les rayons lumineux issus des moyens d'éclairage (55) sensiblement parallèles entre eux et normaux par rapport au support (53).

8. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que l'écran (59) est un dépoli.

9. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que le dispositif de prise d'images (61) est une caméra vidéo.

10. Appareil d'usinage de verres ophtalmiques comprenant :

- une machine de perçage (1) qui comporte
 - . un outil de perçage (3);
 - . un support (2) de verre ophtalmique associé à un premier repère (O_1, X_1, Y_1) ; et
 - . des moyens programmables (11) de pilotage de l'outil (3), associés à un deuxième repère dans lequel sont exprimées des coordonnées de consigne (X, Y) définissant un point-cible (M) de perçage, et

- un dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 4 à 9, associé à ladite machine de perçage (1).

1/3

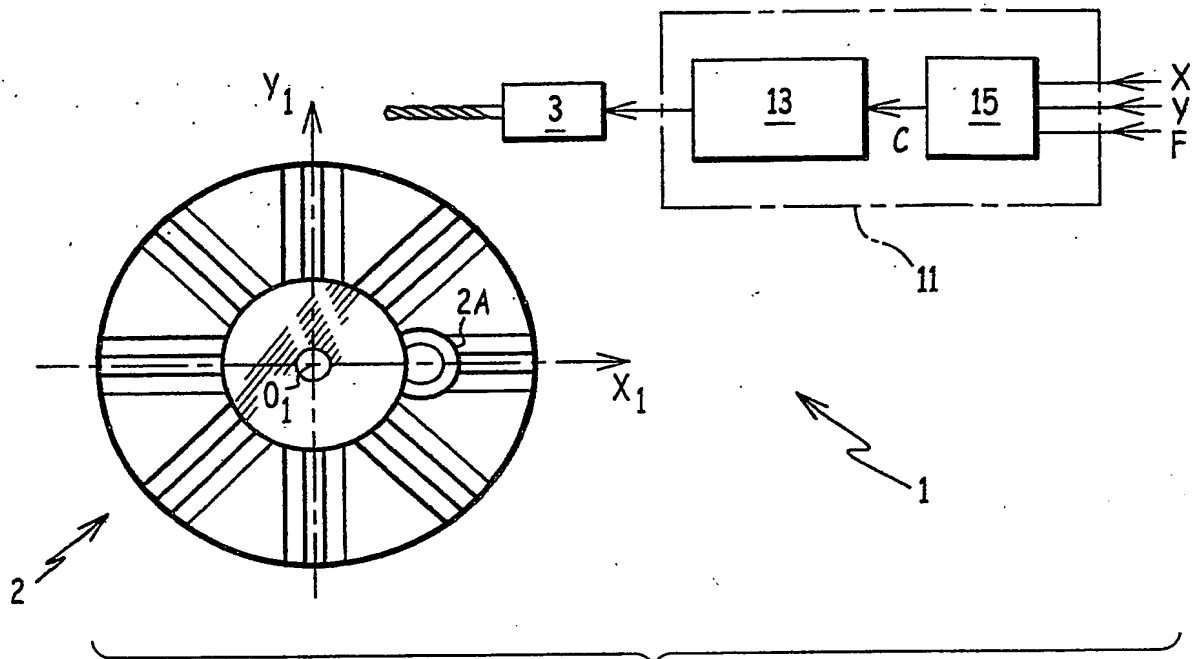


FIG.1

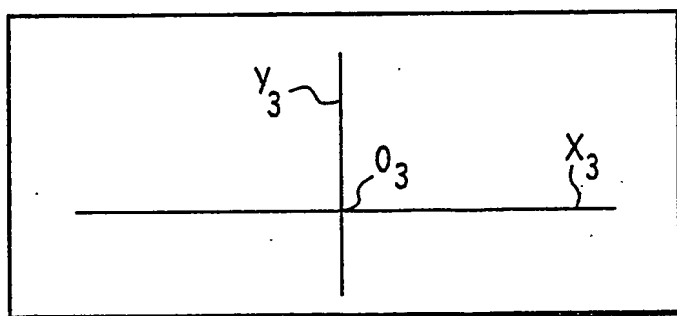


FIG.2

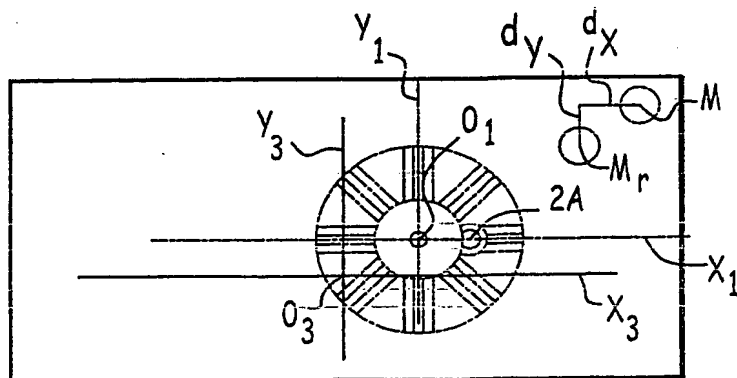
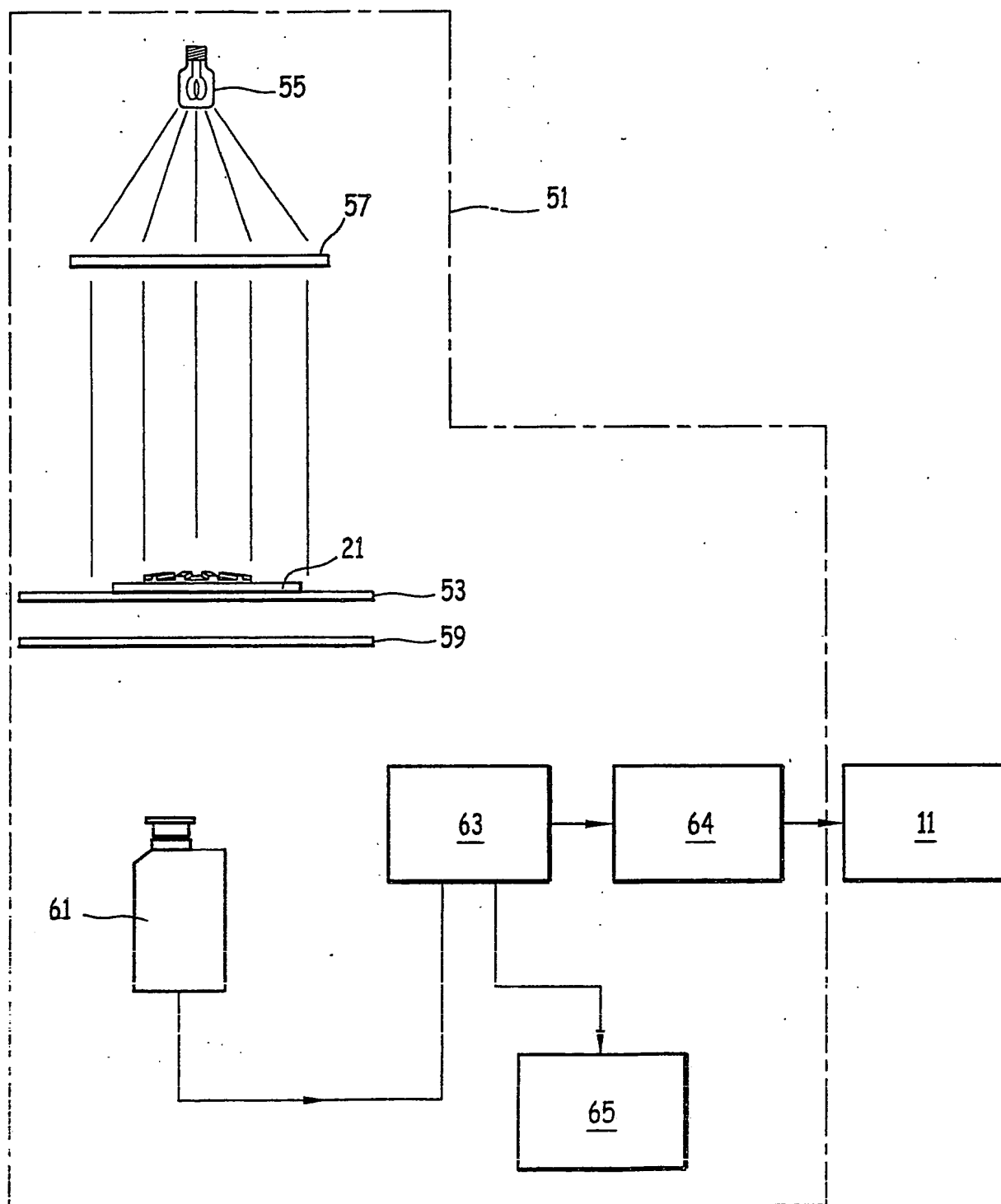


FIG.3

2/3

FIG. 4

3/3

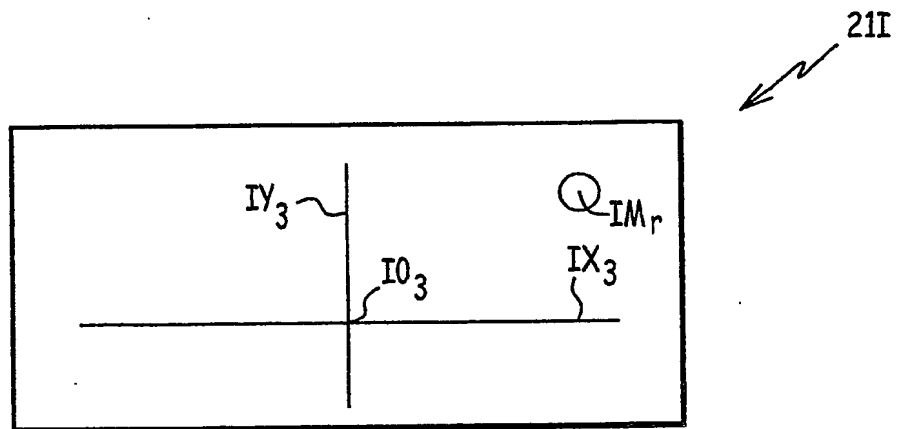


FIG.5